

⑨ 日本国特許庁 (JP)      ⑩ 特許出願公開  
 ⑪ 公開特許公報 (A)      昭60-142268

⑫ Int.CI.  
 G 01 P 5/10  
 H 01 L 49/00

識別記号

府内整理番号  
 7027-2F  
 6370-5F

⑬ 公開 昭和60年(1985)7月27日

審査請求 未請求 発明の数 10 (全23頁)

⑭ 発明の名称 流速センサ

⑮ 特 願 昭58-244964  
 ⑯ 出 願 昭58(1983)12月27日

⑰ 発明者 ロバート・ジー・ジョ  
 シソン アメリカ合衆国ミネソタ州ミネアポリスマーチサークル第  
 12814番地  
 ⑱ 発明者 ロバート・イー・ヒガ  
 シ アメリカ合衆国ミネソタ州ミネアポリスサウスイースト第  
 8番ストリート第810番地 アパートメント20  
 ⑲ 発明者 フィリップ・ジエイ・  
 ボーレエ アメリカ合衆国ミネソタ州ミネアポリスアルドリッヂアベ  
 ニューサウス第4456番地  
 ⑳ 出願人 ハネウエル・インコーポレーテッド アメリカ合衆国ミネソタ州ミネアポリスハネウエル・プラザ(無番地)  
 ㉑ 代理人 弁理士 松下義治

## 明細書

## 1. 発明の名称

流速センサ

## 2. 特許請求の範囲

(1) 空気中に保持される薄膜のヒータと、空気中に保持されるとともに上記ヒータの対向する両側面に配置される1対の薄膜の熱感知センサからなる流速センサ。

(2) 薄膜のヒータと、1対の薄膜の熱感知センサと、半導体基板からなる流速センサであって、上記半導体基板は、上記ヒータと上記熱感知センサのほとんど大部分を上記半導体基板と非接触な状態にし、かつ上記熱感知センサを上記ヒータの対向する両側面に配置すべく、上記ヒータと上記熱感知センサを保持してなることを特徴とする流速センサ。

(3) 薄膜のヒータと、1対の薄膜の熱感知センサと、空気スペースを有する半導体基板からなる流速センサであって、上記空気スペースを架橋して少なくとも1つの薄膜部材を形成することなく、上記ヒータ及び上記熱感知センサのほとんど全部が上記半導体基板と非接触な状態にしてなることを特徴とする流速センサ。

基板に接続させて上記ヒータと上記熱感知センサのほとんど大部分を上記半導体基板と非接触な状態にさせる要素により、上記熱感知センサを上記ヒータの対向する両側面に配置させてなる手段を具備してなることを特徴とする流速センサ。  
 (4) 薄膜の熱感知部が含まれる薄膜のヒータと、上記ヒータの対向する両側面に配置される薄膜の熱感知部が含まれた1対の薄膜の熱感知センサと、空気スペースを有する半導体基板からなる流速センサであって、上記ヒータ及び上記熱感知センサは上記空気スペースを架橋する少なくとも1つの薄膜部材を形成することなく、上記ヒータ及び上記熱感知センサのほとんど全部が上記半導体基板と非接触な状態にしてなることを特徴とする流速センサ。

(5) 基本表面を形成される空気スペースを有する半導体基板と、薄膜の熱感知部が含まれる薄膜のヒータと、上記ヒータの対向する両側面に配置される薄膜の熱感知部が含まれた1対の薄膜の熱感知センサからなる流速センサであって、上記ヒータ

特開昭60-142268 (2)

及び上記熱感知センサは少なくとも1つの薄膜部材を形成するとともに、上記薄膜部材は、上記ヒータ及び上記熱感知センサのほとんど大部分を上記空気スペース上に保持するために少なくとも1ヶ所において上記半導体基板の最上表面に接続されることを特徴とする流速センサ。

(6) 上記半導体基板は(100)結晶面と(110)結晶面を有するシリコンからなり、上記ヒータ及び上記熱感知センサは上記(100)結晶面に対してほぼ平行となる平面上に配置されるとともに、上記ヒータ及び上記熱感知センサを上記半導体基板に接続する上記薄膜部材が、上記(110)結晶面に対してげと異なる角度をもって形成されることを特徴とする請求の範囲第4または第5項記載の流速センサ。

(7) 上記 $\theta$ と異なる角度は、ほぼ $45^{\circ}$ であることを特徴とする請求の範囲第6項記載の流速センサ。

(8) 上記ヒータは、被測定媒体の流れの有無にかかわらず、周囲温度より一定の高い温度で駆動

されてなることを特徴とする請求の範囲第1・2・3・4または第5項記載の流速センサ。

(9) 上記ヒータは、パルスモードで駆動されることを特徴とする請求の範囲第1・2・3・4または第5項記載の流速センサ。

(10) 上記熱感知センサは、上記ヒータに接続されると構成させて配置されてなることを特徴とする請求の範囲第1・2・3・4または第5項記載の流速センサ。

(11) 上記空気スペースは、その上部が断続を欠いていることを特徴とする請求の範囲第3・4または第5項記載の流速センサ。

(12) 上記薄膜部材は2つからなり、かつ上記各薄膜部材は上記ヒータの各1つと上記ヒータの1部から構成されてなることを特徴とする請求の範囲第4または第5項記載の流速センサ。

(13) 全抵抗値を有する抵抗素子からなる流速センサであって、上記抵抗素子は2つの電圧取出し口を有し、上記各電圧取出し口は全抵抗値の各端点との間で区切られるセンサ抵抗区間の電圧の測定を可能とならしめ、かつ上記センサ抵抗区間を上記センサ抵抗区間を除いた上記抵抗素子の対向する両側面に配置せしめるとともに、上記半導体基板は、上記抵抗素子のほとんど大部分を上記半導体基板と非接触状態に保持してなることを特徴とする流速センサ。

端との間で区切られるセンサ抵抗区間の電圧の測定を可能とならしめるよう構成されてなることを特徴とする流速センサ。

(14) 全抵抗値を有する薄膜の抵抗素子と、半導体基板からなる流速センサであって、上記抵抗素子は2つの電圧取出し口を有し、上記各電圧取出し口は全抵抗値の各端点との間で区切られるセンサ抵抗区間の電圧の測定を可能とならしめ、かつ上記センサ抵抗区間を上記センサ抵抗区間を除いた上記抵抗素子の対向する両側面に配置せしめるとともに、上記半導体基板は、上記抵抗素子のほとんど大部分を上記半導体基板と非接触状態に保持してなることを特徴とする流速センサ。

(15) 全抵抗値を有する薄膜の抵抗素子と、空気スペースを有する半導体基板からなる流速センサであって、上記抵抗素子は2つの電圧取出し口を有し、上記各電圧取出し口は全抵抗値の各端点との間で区切られるセンサ抵抗区間の電圧の測定を可能とならしめ、かつ上記センサ抵抗区間を上記ヒータ抵抗区間を除いた上記抵抗素子の対向する両側面に配置せしめるとともに、上記抵抗素子は簡単の構造にて構成され少なくとも1つの薄膜部材を形成し、上記半導体基板は上記薄膜部材のはるか大部分を上記半導体基板と非接触状態に保持してなることを特徴とする流速センサ。

両側面に配置せしめるたゞもしくは、上記空気スペースを架橋して上記抵抗素子を上記半導体基板に接続することで、上記抵抗素子のほとんど大部分を上記半導体基板と非接触状態にせしめてなる手段を具備してなることを特徴とする流速センサ。

(16) 全抵抗値を有する薄膜の抵抗素子と、半導体基板からなる流速センサであって、上記抵抗素子は2つの電圧取出し口を有し、上記各電圧取出し口は全抵抗値の各端点との間で区切られるセンサ抵抗区間の電圧の測定を可能とならしめ、かつ上記センサ抵抗区間を上記ヒータ抵抗区間を除いた上記抵抗素子の対向する両側面に配置せしめるとともに、上記抵抗素子は簡単の構造にて構成され少なくとも1つの薄膜部材を形成し、上記半導体基板は上記薄膜部材のはるか大部分を上記半導体基板と非接触状態に保持してなることを特徴とする流速センサ。

(17) 前上表面に形成される空気スペースを有する半導体基板と、全抵抗値を有する薄膜の抵抗素子からなる流速センサであって、上記抵抗素子は

2つの銀柱取出し口を有し、上部各部取出し口は全抵抗値の各接線との間で区切られるセンサ抵抗区間の電圧の測定を可能となしめ、かつ上記センサ抵抗区間を上記センサ抵抗区間を除いた上記抵抗素子の対向する両側面に配置せしめるとともに、上記抵抗素子は薄膜の施設層に包まれて少なくとも1つの薄膜部材を形成し、上記薄膜部材は、上記センサ及び上記熱感知センサのほとんど大部分を上記空気スペース上に保持するため少なくとも1ヶ所において上記半導体基板の最上表面に接続されてなることを特徴とする流速センサ。

#### 四 上記半導体基板は(100)結晶面を

もつてリチウム結晶軸を有するシリコンからなり、上記抵抗素子は上記(100)結晶面に対して傾斜平行となる平面上に配置されるとともに、上記抵抗素子を上記半導体基板に接続させる上記薄膜部材が、上記(110)結晶軸に対して $\theta$ と異なる角度をもって形成されてなることを特徴とする請求の範囲第1-6または第1-7項記載の流速センサ。

#### 四 上記 $\theta$ と異なる角度は、傾斜 $45^\circ$ であるこ

とを特徴とする請求の範囲第1-6項記載の流速センサ。

四 上記センサ抵抗区間は、上記センサ抵抗区間を除いた上記抵抗素子から、被測定媒体の流れのあるりえられる変化に対し、上記センサ抵抗区間に運ばれる熱がより大きくなるような物理的距離だけ離されて配置されてなることを特徴とする請求の範囲が1-3、1-4、1-5、1-6または第1-7項記載の流速センサ。

#### 3.発明の詳細を説明

本発明は空気の流れ速度を測定する流速センサに関する。市販されている空気の流れ速度測定するセンサは、一般的に、空気の流れの中にもう1つ長いアリーブの先端、一本の熱線がセンサヘッドを配置するものである。これは、空気の流れによる冷却効果によって引き起こされる温度低下、それにともなう電気抵抗値の変化により空気の流れ速度を測定するものである。こういうハーネス構成であるからセンサエレメントは空気の流れにさらされるので、破損や汚れを受け易いのである。

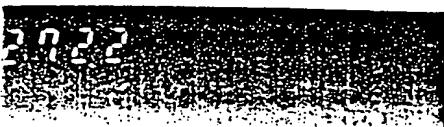
しかもこの空気による温度変化は全く直線性がないため、得られる電気信号を電子回路により、リニアライズすることが必要となる。さらにこれらは高価であるため量産には適さない。

本発明に関連しているものとして、次のような市販されている質量流量センサがある。このセンサは、空気やその他の測定ガスが通りぬける金属管と、この金属管の1区域を抵抗加熱する发热器と、この区域に装着される2ヶの大いなヒートシンクと、この熱区域の中心とヒートシンクの間の熱区域の中間に対称的に金属板に取付けられる2ヶの熱電対から構成される。金属管を通しての空気の流れが、上流にある熱電対を冷やし、下流にある熱電対を熱する。发热器が一定の電力で駆動されているとき、この熱電対の出力電圧の差が質量流量の測定のためとなる。これはかなり電力を必要とする大きな装置である。大きなダクトの内や、屋外での質量測定には適さないし、高価であり量産もできない。

すなわち、次のような特性を有する流速センサ

もしくは質量流量センサと、これに関連する処理回路が必要とされている。寿命が長く、メンテナンスフリーで、小型で、低消費電力で、広範囲な分野へ簡単に適用でき、大きな出力信号を有し、そして広い速度レンジにおいて直線性があるあるいは容易に直線化できる出力特性を有するようなものである。実現可能が可能で、低価格なものでなければならない。

文献にはこれらの要求に関連して、確難センサを改善しようとしてなされたいくつかの試みが示されている。これらの試みは、以下に述べるようだ。一般的には、熱抵抗計か、シリコン素子の半導体特性を利用しようとするものである。これらの試みはいくつかの点で技術的な改良をもたらしたが、現在の流速センサとして求められている誤差の特性を満足しておらず、また高価な点である。本発明は、いかなる測定技術よりも多くを実現するため、技術的に進歩している。次に、よく知られている最も関連が深い既来技術について述べることにする。



特開昭60-142268(4)

ル・イノンゲ(\*1)らが発明した風速センサは、シリコンチャップの両端近傍に埋め込まれた拡散型トランジスタからなる同一の2ヶの温度検知素子と、これらの中心に配置されシリコンチャップを空気温度より4.5℃熱するための拡散型トランジスタからなるヒータ素子から構成される。空気が流れると流れの上流に位置する温度検知素子は、下流に位置する温度検知素子よりもわずかに冷やされ、この2つの温度検知素子の温度差が風速の差になり、電圧に変換されて空気の速度が測定される。この温度検知素子は、感知できる程度の温度差を実現するために、チャップの対向する両端を配置させなくてはならないが、それでも生ずる温度差は小さく、0~50cm/秒の速度範囲で0~0.2℃以下の温度変化にすぎない。

\* 1 J.H.Huijsing,et al:IEEE Transactions on Electron Devices,Vol.ED-29,NO.1,pp.133-136,January,1982

バッテン(\*2)らが発明した風速センサは、シリコンチャップの向い合う各辺上に埋め込

まれた同一の拡散型抵抗素子から構成される。すべての抵抗素子は自己発熱し、これによりシリコンチャップは流れてくる空気の温度よりかなり熱せられる。抵抗素子は電気的な2重グリッド回路で駆動される。空気の流れがないとき、すべての抵抗素子は同一温度になるので、2重グリッド回路は電気的にバランスする。空気の流れがあるとき、流れに対して垂直な上流及び下流の抵抗素子は、流れに対して平行な両側の抵抗素子より冷やされることとなる。この温度差が2重グリッド回路のバランスをくずし、空気の流れ速度が測定される。

\* 2 A.F.P.Van Putten,et al:Electronics Letters,Vol.10,NO.21,pp.425-426,October,1974

マリン(\*3)らが発明した質量流量センサは、大きなシリコン細片上の拡散型抵抗素子からなる2ヶのセンサと、そのセンサの間の中間に配置される拡散型のヒータ素子から構成される。この技術は、市販されている金属管を熱するタービンの質量流量センサに類似している。空気の流れにより、

流れの下流に位置するセンサは熱せられ上流に位置するセンサは冷やされるので、これらのセンサの温度の差がセンサ両端に生ずる電圧の差をもたらし、質量流量が測定される。

\* 3 K.Malin,et al:IBM Technical Disclosure Bulletin,Vol.21,NO.8,January,1979

ラハナマイ(\*4)らは、結晶学的に配置される折かれた単結晶のタンタル酸リチウムの薄い板の背面全面に金蒸着膜を付着させ、表面中心には溝状に付着させたヒータ抵抗素子を配置し、これから同じ距離離れて配置される2つの溝状抵抗とから構成されるセンサを示している。ここでタンタル酸リチウムの大きさは、長さ8mm、巾4mm、最小板厚は0.06mmである。文献に述べられているように、この板のFを空気が流れるようにするため、この板の両端を大きなネジ頭の上に支持させている。上流と下流に位置する2つのセンサは、背面の電極面との間で分離した同一のコンデンサを構成し、温度検知用のコンデンサとして働く。動作は、例えば2~10Hzのような低い周

波数の電圧でヒータ素子を駆動するとて、ヒータ素子を流れる空気の温度に対して周期的に熱せられる。センサ素子も、タンタル酸リチウムを通しての熱伝導により、これに同調して周期的に熱せられることとなる。このタンタル酸リチウムは熱電材料であることから熱風に対応して分極を生ずることとなるが、空気の流れがないときには、このセンサに発生する周期的な分極電圧は同一のものとなる。従って空気の流れがないときの2つのセンサの間の電圧の差は0となる。文献でも述べられているように、空気の流れがあるとき、上流に位置するセンサ素子は下流に位置するセンサ素子よりも冷やされることがとなるので、これらのセンサの温度の差が電圧の差をもたらし流れが測定される。

\* 4 H.Rahnamai,et al:paper presented at the 1980 International Electron Devices Society of IEEE,Washington D.C.,pp.680-684,December 8-10,1980

前述したように、これらの試みはいくつかの点

で技術的な要件をもたらしたが、現在のセンサとして求められている試験の特性に関して、いまだ不満足なものである。本発明は、これらの要件を十分満足する技術を進歩させたものである。

本発明は、1対の薄膜の熱感知センサ22・24と、薄膜のヒータ26と、これらを併かして保持する基板20とから構成される。そしてこの2個の熱感知センサ22と24は、ヒータ26の両側面に対向して配置される。

本発明の具体的な実施例として、基板20は半導体、その中でも特に精密なエッチャング技術を施用できる点と、シリコンの生産性の高い点からシリコンが選択される。そしてこの基板上に形成される格子形状をなす全く同一の2個の熱感知抵抗子は薄膜の熱感知センサ22・24として働き、この2個のセンサの中央部に配置される格子形状をなす殆然抵抗子は薄膜のヒータ26として働き。熱感知センサ22・24及びヒータ26としては、鉄とニッケルの合金、例えば80%のニッケルと20%の鉄からなるペーマロイといったものを使用

うことが適している。これら熱感知センサ22・24及びヒータ26は、例えば空気シリコンからなる薄膜の熱感知センサ22・24により包まれて、薄膜部材を形成する。第1図及び第2図の実施例によると、センサは、ヒータ26の半分を熱感知センサ22からなる薄膜部材32と、ヒータ26の半分を熱感知センサ24からなる薄膜部材34とから構成され、巾1.50mm長さ1.00mmの大きさを有する。

更に本発明で開示するセンサは、熱感知センサ22・24及びヒータ26を効果的に離す空気スペース30を有する。この空気スペース30はシリコンの表面36に微細構造をもつて形成される。すなわち熱感知センサ22・24及びヒータ26は、約0.08~0.12mmの厚さで離間した50μmの空間を有する巾5μmの細からなり、しかもこれらは全体の厚さが約0.8mmになるよう塑化シリコンの薄い膜によって包まれるよう構成される。そしてエッチャングによりくぼみである空気スペース30が、薄膜部材32・34の上に形成

ンの基板20の中に1.25μmの深さで正確に形成される。薄膜部材32・34は、空気スペース30の1つまたはそれ以上のエッチャにおいて、シリコンの基板20の表面36の最上部に接続される。例えば第3図に示すように、薄膜部材32・34は、空気スペース30を架橋するよう、あるいは第3A図に示すように片持ちばかりで構成することもできる。

炭化シリコンは非常に優れた熱的絶縁体である。薄膜部材32・34を包む炭化シリコンの膜が極めて薄くかつ熱的絶縁性もよいことから、炭化シリコン膜によるヒータ26の熱の損失は極めて小さく、ヒータ26から熱感知センサ22・24に伝わる熱の量とんどがヒータ26を取り囲む空気を通して伝えられるとなる。すなわち炭化シリコン膜の伝導率が小さいことから、熱感知センサ22と24をヒータ26に並んで配置することで、ヒータ26からの熱の量とんどは炭化シリコン膜を通りずにヒータ26を取り囲む空気を通して伝えられるとなる。そして、

ヒータ26近傍の空気中に効果的に離すされた熱感知センサ22・24は、ヒータ26を取り囲む空気とヒータ26上の温度を測定するゲージとして働くことになる。

空気の流路を検出するという本発明の原理を第2図に基いて説明する。ヒータ26は、基板20の温度より200度高くなる一定の温度に加熱される。このシリコンの基板20の温度は流れている空気の温度とほとんど同じである。具体的には、シリコンの基板20がTO=100度±5度のメタルヘッドもしくはワイヤレスループとなり、トランクに搭載されている場合は、シリコンの基板20の温度は流れている空気の温度より0.5度程度高くなるにすぎない。又、ヒータ26の温度を流れれる空気の温度より200度高くなるといつても0.01W±0.01Wを電力が要求されるほどではない。

ヒータ26からの熱伝導の大部分は空気スペース30も含め周囲の空気を通して行われるが、本発明の実施例において空気の抵抗力がないとき、

熱感知センサ 22 と 24 は平均温度で約 140°C (20°C の約 70%) に熱せられる。すなわち、40°C 未満より、熱感知センサ 22 と 24 はヒータ 26 に対して直確に対称に配置されるので、空気の流れが 0 のときにはこの 2 つのセンサの温度は同一になり、この 2 つのセンサの抵抗値の差は上じない。反って 0.1 から 1.0 mA の微小測定の電流を流しても、この 2 つの熱感知センサに電圧の差は発生しないことになる。

空気の流れがあるときには、この実施例において上面に位置する熱感知センサ 22 はヒータ 26 へ向う空気の流れにより熱が運び去られるので冷やされ、一方、下面に位置する熱感知センサ 24 はヒータ 26 からの空気の流れによって熱せられることになる。これによって生ずる熱感知センサ 22 と 24 の間の抵抗値の差が電圧値の差をもたらし前述が測定される。増幅しないときのこの電圧の差は、7.60 cm/s の空気の流れ速度において 0.1 V 程度のものである。

本発明においては、熱感知センサ 22 と 24 は

定電流で駆動され、前述したように熱が運び去られる状態のもとでの温度のマイナスの変化を検出するように構成されている。左記、2 つのドレンを定電流モードで駆動するとか、定電圧モードで駆動するとか、定電力モードで駆動するとかいうように、信号偏差を生じさせるような方法であればこれに替わる他の方法で構成しても実現は可能である。

ヒータ 26 と熱感知センサ 22・24 の熱容量が極めて小さいことと、基板への伝統手段である塑化シリコン膜により与えられる熱的絶縁性と、空気スマース 3 の存在により、本発明の凡呂性は測定結果によれば時定数が 0.05 秒と非常に速いものとなる。すなわち熱感知センサ 22 と 24 は空気の流れの変化に非常に早く対応できることになる。

本発明において、ヒータ 26 は空気の温度を利用して一定の温度となるよう駆動され、熱感知センサ 22 と 24 は定電流で駆動されることから、熱感知センサ 22 と 24 の温度変化は抵抗値の変

化として検知されることになる。これらの機能を実現するための回路例を第 4 図及び第 5 図に示す。第 4 図に示された回路はヒータ 26 の温度を制御するためのものであり、第 5 図に示された回路は熱感知センサ 22 と 24 の間の抵抗値の差に比例する信号電圧を得るためにある。

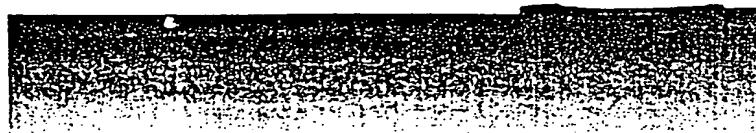
本発明において周囲の空気の温度は、シリコン基板 20 をヒートシンクとして形成される比較抵抗 38 によってセンタされる。比較抵抗 38 は、熱感知センサ 22・24 及びヒータ 26 と同様に U 字状のチタニウムによって構成されかつシリコンの表面 36 上に被覆層 28 と 29 に包まれて形成される。

被覆層 28 と 29 の厚さは合わせて 0.8 μ と非常に薄いため相対的に熱伝導率がよくなることから、これらの被覆層の垂直方向を通過して、熱感知センサ 22・24、ヒータ 26、比較抵抗 38 と熱を出入りすることになる。比較抵抗 38 は被覆層に包まれて基板 20 の表面 36 に直接取り付けられており、ヒータ 26 がまわりの盤面より 200°C 高

く熱せられていても周囲の空気の温度よりも 5 度以内の範囲にある基板 20 の温度を容易に測定できることになる。すなわち比較抵抗 38 は、基板 20 の温度を検知することにより、それだけほとんど一致する流れの空気の温度を検知することになる。

第 4 図に示される温度制御回路は、ヒータ 26 の温度を、比較抵抗 38 によって検出される周囲温度よりも高い一定温度に保つための P.T.C. プリッジ回路 46 により構成される。ここで前記したとおり本発明の実施例では、この一定値は約 200°C に設定されている。P.T.C. プリッジ回路 46 は、ヒータ 26 を抵抗 47 と組みり、これを比較抵抗 38 と抵抗 42・43 および 45 を構成している。アンプ 48 と 50 からなる信号回路は、出力の電位を変化させるまでアシリュード回路 56 がオシレーターより反転作動し、ヒータ 26 による消費される電力を一定に保つようとする。

第 5 図に示す回路は、この実施例において想定の流れの上流に位置する熱感知センサ 22 と 24



感知する熱感知センサ 2 4 との間の抵抗値の差を検出するためのものである。この回路は、アンプ 6 8 及び 7 0 からなる差動増幅部 5 2 と、アンプ 6 8 及び 7 0 からなる差動増幅部 5 4 から構成される。差動増幅部 5 2 は、1 初回高インピーダンス抵抗 5 6・5 8 及び、他回路で調用可能抵抗 6 0 及び熱感知センサ 2 2・2 4 を有するボイストップアリエニア回路を駆動する。差動増幅部 5 4 の利得は可変抵抗 6 2 により調整される。出力端 6 4 は熱感知センサ 2 2 及び 2 4 の間の抵抗値の差に比例する出力電圧を出力する。

本実施例においては、アンプ 4 8・5 0・6 6・7 2 には 4 ケのアンプをもつ LM 3 2 4 の各々のアンプを使用し、アンプ 6 8 及び 7 0 には 2 ケのアンプをもつ OP - 1 0 の各々のアンプを使用している。

本発明で開示するセンサの特徴の 1 つとしては、広いレンジの空気の流れ速度に対して、熱感知センサ 2 2 及び 2 4 の感知する温度の差が大きくそれるように構成されている点があげられる。この結果、空気の流れ速度の関数となる出力端 6 4 の

出力が大きくされるので、流速測定の精度が大きく高められ測定も容易となる。この温度の差が大きくなることを、本発明の具体的な実施例にて示す。図 6 に示す。すなはち、空気の流れで吹かれる上流部位置する熱感知センサ 2 2 及びヒータ 2 6 からの熱により熱せられる下流部位置する熱感知センサ 2 4 より、センサの出力を組みつけることで、大きな温度差を出すことを組みつけて大きな温度差を得るためにには、

- (1) 热感知センサ 2 2・2 4 を空気流対して比較的強く熱的に結合させることが必要となる。すなはち热感知センサ 2 2・2 4 及びヒータの基板 2 0 から実際的に熱的に離れてはいけない。そしてこれは、薄膜部材 3 2・3 4 を包むシリコン膜の長手方向における方向の熱伝導率が比較的小さい大きいことと、薄膜部材 3 2・3 4 の基板 2 0 の幅約 1.2 5 mm の程度で正確に形成される空気スペース 3 0 により可能となる。

(2) この実施例において空気の流れの上流部位置する熱感知センサ 2 2 を大きくやすことが必要となる。これには熱感知センサ 2 2 の温度を高く設定する必要がある。そしてこれは、空気スペース 3 0 を介することで熱感知センサ 2 2 をシリコンの基板 2 0 から熱離脱することと、薄膜部材 3 2 の長手に沿った方向の熱伝導率が小さいことと、ヒータ 2 6 の温度を高く設定することによって可能となる。このヒータ 2 6 の温度が高く設定できるためにも、空気スペース 3 0 を介してヒータ 2 6 をシリコンの基板 2 0 から熱的に離脱することと、薄膜部材 3 2・3 4 の長手に沿った方向の熱伝導率が小さいこととが必要である。

- (3) 热感知センサ 2 2 及び 2 4 の中心点、ヒータ 2 6 のエッジ部の間の距離を最小限に抑える必要があります。

第 7 回路は、空気の流れ速度が空気の理想的な速度分布曲線 7 4 と、空気の流れ速度がある目標速度のときの理想的な速度分布曲線 7 6 と、理想的な速度分布曲線 7 6 と、理想的な速度分布曲線 7 4 との間の距離を測定する装置である。ヒータ 2 6 に対して流れの上流側は空気で満たされるところから、この速度分布曲線はこの測定距離の関数である。すなはち前記目標速度と

- (3) この実施例において空気の流れの下流部位置する熱感知センサ 2 4 を、ヒータ 2 6 から熱を伝えることで大きく熱することが必要となる。これは空気スペース 3 0 を介することで熱感知センサ 2 4 をシリコンの基板 2 0

になる。ここで、このハート1はヒータ26の上流側のエッジから離れた位置で最も大きくなる。一方、流れの下流側はこの流れによって伝わる熱で距離の関数であるハート2という値だけ温度が上がるところになる。ここでこのハート2は、ヒータ26の下流側のエッジから離れた位置で最も大きくなる。D1とD2は等しい値である必要はないが、流れの速度が0のとき流速センサからの出力が0となるようするために、流れ速度が0のときには熱感知センサ22と24の駆動は等しくしなくてはならない。このため本発明の望ましい実施例としては、熱感知センサ22・24が実際に巾をもっていることを考慮し、熱感知センサ22の中心までの距離D1と熱感知センサ24の中心までの距離D2を等しくする必要がある。これから、D1とD2が等しいという条件の下で、尺寸を考えなければ流速センサの出力は最大となるので、熱感知センサ22上にわたるハート1の平均値と、熱感知センサ24上にわたるハート2の平均値の合計が最大となることになる。以上のこと

はある適当な位置で測ることの方がみづけられており、設在フィードノブの流れ速度の速度レンジにおいては、このD1(=D2)の値はヒータの半径の半径1/2の長さである。

従来技術による伝送ヒーティではわずかな温度差しか得られなかつたのに対し、本発明では具体的な数値を示すならば、8.60 cm/秒の流れ速度においてはハート1の平均値と、ハート2の平均値の合計が約5.0で比較的大きくされる。これは、下方向の伝導率の小さい非結晶質化シリコンの熱で薄膜部材32・34を何層かと重ね、熱感知センサ22・24及びヒータ26をシリコンの厚膜20から熱的に離れてできるようにならざるから可能になったのである。熱感知センサ22・24及びヒータ26の下に形成される空気スペース30を設計したことで、熱感知センサ22・24及びヒータ26をシリコンの厚膜20から熱的に離れてできるようにならざるから可能になったのである。熱感知センサ22・24及びヒータ26の下に形成される空気スペース30の巾とくぼみの深さの寸法を正確にくるには、伝送する精密エンジニアリング技術により実現される。この空気スペース30が精度よく形成される

ことにより、センサチップ間の熱的絶縁性のはらつきを均一にすることができる。すなわち、センサチップ間の空気の流れに対する応答のはらつきを均一にすることができる。

従来技術では、これらのセンサエレメントは、シリコンチップのような基板に埋められるとか密着させられるとかいうような構成がとられていた。このため、センサエレメントの有効な温度差を取り出すために、センサエレメントをヒータの巾に比較して長い距離だけヒータから離す必要があった。しかしこのような従来技術で得られる温度差は、熱的な絶縁を基に構成される本発明のそれに比べ、1/100程度の小さなものにすぎないのである。

オーバライヤーの従来技術を例に見るならば、ヒータとセンサのエレメントはランダム配列チップ板上に付着されている。したがってチップ板上の固有伝導度はシリコンのそれよりも小さいが、炭化シリコンのそれよりも70倍も大きな値をもつ。ヒータとセンサのエレメントは少なくとも6.0カ

の巾を有するランダム配列チップ板に密着されて取付けられている。この6.0カ長い巾は、本発明の薄膜部材32・34を包含炭化シリコン板の厚さである0.8カといふ値に比べて5倍も多いものなのである。チップ板基板に密着したヒータエレメントは、その巾から約±5.0カの範囲の距離に広がって配置されるセンサチップ。ヒータの間の熱の伝導は、ヒータとセンサとの間の距離を介するものより、6.0カのチップ板基板を介するもので支配されてしまうのである。すなわち、ヒータは空気によつて効果的に吸熱されてしまつたため、ヒータからセンサーの熱の大部はシリコン基板を通して流れてしまうことになる。この結果、この5.0カの巾を有するヒータは、本発明における空気の流れに対するわずかな温度差しか実感できないことになる。ここで本発明のヒータは、ヒータの巾から±1.0カの間の距離に広がって配置される。

従来技術に対する本発明のもう一つの長所は、熱感知センサ22・24及びヒータ26をシリコ



この基板20から効果的に熱熱熱離せるために設けられる空気スパース30である。これにより前述したように、シリコンの基板20の温度はおもにオーバーヒートという、ほとんど無視できる程度1%以下に抑えができることになる。このため、本発明では、流速に対する出力特性は、シリコン基板とそれを支持するハウジングといったものとの間の熱的接觸を全く依存しないことになる。これに対し従来技術では、センサの出力特性は取付け本体との熱的接觸を大きく影響されていた。事実、シハツマイらのセンサにおいても、出力特性は、取付け構造の方法に大きく影響されている。ヒュイソングらの従来技術においても、シリコンチャップの固定台が流速に対する出力特性を悪くしていることが述べられている。パンアンサンらの従来技術においても、シリコンチャップの熱的なショートを最小にするためにシリコンチャップを普通に使われている200ムから50ムなど薄くしているが、このために固定台からの熱伝導により温度の低下を受け易くなる。マリンらの従来

人ができる。本発明によるセンサの、流速に対するこの温度差の典型的な出力特性を第8図に示す。この図には合わせて、ヒュイソングらのセンサの特性も比較のために示してある。

具体的な実施例として前述したように、本発明のセンサにおいて、ヒータ26の全抵抗値は図4に示した回路により、任意の周囲温度において一定となるよう駆動される。上述したような直線性のよい特性は、ヒータ26の近傍の温度分離用熱計がある領域(第7図参照)の大部分をカバーするように十分広くまた適切に配置された熱感加センサ22と24を用いることで得られる。

このような構成によって、熱感知センサ22の外部エッジア80は、ヒータ26の近傍エッジア78に接して隔壁(例えば5ミルの板)して配置されている。空気の流れがないとき、近傍エッジア78からこの程度離れた位置の空気温度はほとんど流れエッジア78の温度に一致する。具体的な実施例として、熱感知センサ22と24はおおよそ100ムの巾を有していることから、熱感知センサ22

技術においても、熱感知センサを防ぐためシリコンの細片が用いられているが同様に固定台の影響を受けてしまうことになる。

本発明の2番目の長所は、早い流速レバーレンジって、熱感知センサ22と24の温度の差の直線性がよい点にある。従来技術においては、この温度の差は、流れ速度の平方根に比例している。この依存性のために、放物線的な出力特性として知られているように、流れ速度がVの大きさに減少がある値変化するが、センサのヒータの温度の差はその $\frac{1}{2\sqrt{V}}$ 倍だけ変化することになる。このようを増分特性であるから、流れが速くなるほど変化は小さいものになってしまう。その結果、電子回路のノイズやドリフトによって出力を受け易くなるのである。本発明は流れの変化に対しての出力特性の直線性が良好であるとともに、例えばリード101.6cm/秒あるいはそれ以上の速度領域で得られる電気出力はむかが増加しないでも大きく取れるため、速い風速測定においてもドリフト等による誤差をほとんど無視できる程度にまで減らすと

の外端エッジア80は、タコドの内側ア78からおおよそ100ム離れて配置されている。空気の流れがないとき、この100ム程度離れた位置での空気温度は、ヒータ26の温度より周囲の空気温度すなわちシリコン基板の温度に近いものとなる(第7図参照)。このため、熱感知センサ22の外部エッジア80は、早い空気の流れ速度でも簡単にシリコンの基板20の温度まで冷やされてしまう。一方、熱感知センサ22の内部部ア78はヒータ26より離れて熱的に結合されてないので、周囲の空気温度まで冷やされるまで、早い空気の流れ速度に耐える。熱感知センサ22の各々の椅子部からの出力を効果が合成されるが、流れの主流が位置するヒータ26の流速に対する温度特性は、早い流速における流れによって一定なものとなる。この特性は、種々従来技術の場合によらず、ヒータ26の位置がいかなる位置にあるかの点あるいはヒータの製作本子による特性が、対照をなすものである。本発明の望ましい日付例により測定される熱感知センサ22

## 特開昭60-142268(10)

の、広い流速レンジにわたってのとの直線性のある温度特性を第6図に示す。

流れの下流に位置する熱感知センサ24について、空気の流れによる熱伝達により抵抗値の増加が発生するが、上流に位置する熱感知センサ22の空気による抵抗変化よりは小さいものである。しかし本発明では、熱感知センサ24の内部ヒータ26とヒータ26の近接エッジ86との間隔は5mm、熱感知センサ22の外部エッジ88とヒータ26の近接エッジ86との間隔はおおよそ100mmと、従来技術に比べて近接しているので、ヒータ26から熱感知センサ24への空気の流れによる熱伝導は広い流速レンジにわたって効果的なものとなっている。主に空気スピード30m/s以上の効果的な熱伝達と熱感知センサ24の熱的特性により、広い流速レンジにわたって、速度の増加とともに熱感知センサ24の温度が大きく上昇することとなる。本発明の望ましい具体例により実現された、下流に位置する熱感知センサ24の流れ速度に対しての温度変化を第6図に示す。

上流に位置する熱感知センサ22と、下流に位置する熱感知センサ24の流速に対する特性を合成すると、第8図に示す特性が得られる。この図から、ヒータノブレードの延伸技術の特性が一目瞭然して、広い流速レンジにわたって直線性がある点、そして大きな斜傾れがある点がわかる。

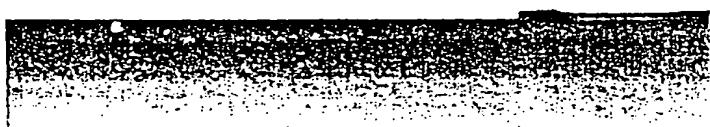
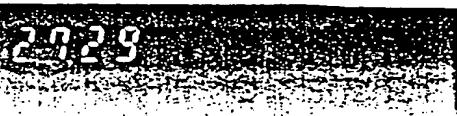
本発明のセンサの流れ速度に対する大きな出力特性を有するという利点のもう一つとしては、ドリフト寿命を長くし乱流の影響からのがれをためて流れ速度を減ずることが望まれているような分野での適用を促進させるという点がある。また本ヒータでは、空気の流れがシリコン基板面上に形成されることと、シリコン基板面上に流れの折り、表面層が形成されるので空気の流れの速い領域は表面層との界面層から離れることとなることから、薄膜の熱感知センサ22・24及び薄膜ヒータ26は、空気含まれる粒子の衝突による損傷から守められることができるという利点もある。

第2回において同様に改変した熱感知センサ

22・24及びヒータ26を、一実施例である第9回に詳細に示す。端口部82は、後述するエンチャングを容易とするために硬化シリコン内に刻まれる。リード部92とパーマロイ板90は、フィルム部材32と34上における対称的な熱伝達特性を保証するために対称的に作られる。この実施例では、薄膜部材32と34の大きさは、おおよそ巾150mm、長さ300mmである。熱感知センサ22・24及びヒータ26の厚さは0.08mmであり、熱感知センサ22・24の抵抗は740Ωで、ヒータ26の抵抗は840Ωである。熱感知センサ22・24の大きさは、おおよそ巾100mm、長さ175mmである。前述したように、熱感知センサ22と24はヒータ26から1ライン巾(5mm)分、離れている。すなはち、熱感知センサ22の内部エッジ76はヒータ26の近接エッジ78から5mm、熱感知センサ24の内部エッジ84はヒータ26の近接エッジ86から5mmだけ離れている。本発明の他の実施例については、前に述べないならば熱感知センサ22・24及びヒ

ータ26の厚さは0.08mmであり、格子を形成する網の巾は5mmで網間の距離は5mmであり、この格子は80多のハニカルと20多の段からなるセラミコイで構成されているものとする。本実施例述べられている他の寸法も同様に、これらの寸法は実際のマイクロにおいて使われた適切なものではあるが、アクリチック上に応じて異なるべきものであるからして、これに限定するものではない。

本発明の他の実施例を第10回に示す。第9回に示される実施例と同様に、第10回に示す実施例も、空気スピード30m/sを架かる3.2A・3.1A・3.0A・2.9A仕付けられた2つの薄膜部材が構成される。そして、分割された3.2A・3.1Aが用いられており、薄膜部材32A・34Aとの間に3.2Aの半分が薄膜部材34A・34Bとの間に3.2Aの残り半分が配置される。ドリフト22A・24Aは、前記した熱感知センサ22・24より狭く、その大きさは、おおよそ巾90mm、長さ175mmである。その上、ドリフト22A・24Aは、ヒータ26Aから6.25mm、前記した実施例より6mm



で配置される。すなはち、セシリ22Aのエッジ7.6Aはヒータ26Aのエッジ7.8Aから2.5A、セシリ24Aのエッジ8.4Aはヒータ26Aのエッジ8.6Aから2.5Aだけ離れて配置されている。この実施例では、薄膜部材3.2A・3.4Aの大きさはおおよそ巾15.0mm、長さ35.0mmであり、セシリ22A・24Aの抵抗値は6.7Ω以上で、ヒータ26Aの抵抗値は8.4Ωである。更に第1-0回の実施例においては、薄膜部材3.2Aと3.4Aは、バーマロイ版り6Kによって強化された連結部り手により連結される。この連結部り手は、薄膜部材3.2Aと3.4Aを同一平面上に保つための荷物を果す。リード部り2Aは、薄膜部材3.2A・3.4Aの中心部の強度を増すために、薄膜部材3.2A・3.4Aの中心部に沿って配置される。

予偏実験によれば、同じ流れ速度についてみると、第1-0回の実施例の出力は、第1回の実施例の出力より約100%も大きいものであった。しかしながら、これらの実験において、第1回の実施例は第1回に示すようにセシリの中心位置に

配置せながら、一方第1-0回の実施例はセシリの端部配置された。そのため、第1-0回が示すセシリ端部スペース3.0Aの上端部分が開かれるか、あるいは第1-2回が示す上端部気柱の3.0AAの下端部分が開かれるとなり障壁により止められないもので、空気がより流れ易くなることになる。第1-0回の配直例と第1-2回の配直例では、どちらもセシリの中心部配置する第1回の配直例より出力特性は大きくなるのであるが、第1-0回の方が第1-2回よりもかなり大きさを出しを出した。第1-0回の実施例が第1回の実施例より大きな出力を示した点について、配直位置の違いから見ていくのか、設計上の違いから見ていくのか、あるいはその両方が関与しているのか、いま判明していない。第1-0回の実施例においては、基板2.0Aの先端エッジの少なくとも一部分を取り除くという変更ができると書き留められておりながら、例えは基板2.0Aの部分1.8を規格1.20のところまで取り除くことで、薄膜部材3.2Aの先端エッジの露出を大きくさせている。

いったことである。そして、第1-1回の実施例が、セシリの中心部に配置された第1回の実施例よりかなり大きな出力特性を示したことについては、少なくとも以下に示す2つの観点から説明され得ることを引き留めておく。第1の点は、前述したように第1-1回の実施例では空気スペース3.0Aの上端部分が開かれるので、鋼版によって遮られないので流れを受けることとなるからである。このように、この薄膜部材3.2Aと3.4A、特に3.2Aの先端エッジ部はより流れを受けることとなる。第2の点は、第1-1回に示すように、セシリの基板2.0Aの先端エッジから始まる自由流出領域3.7Aが、第1-0回に示すシリコン基板2.0の先端エッジから始まる自由流出領域3.7より、薄膜部材3.2A・3.4Aを高速の流速で直く流れていることがわかる。領域3.7の場合、第1-0回に示す薄膜部材3.2A・3.4Aは、第1-1回に示す薄膜部材3.2A・3.4Aに比べて早い流れ速度に対しても小さくなることから、早い流速に算出されるとともに小さくなる。

第1-3回に示す実施例では、セシリ22C・24Cとヒータ26Cは、空気スペースを提供する別の薄膜部材上に配置されている。この実施例では、ヒータ26Cはセシリ22C・24Cの近い方のエッジから5.0A離れて配置される。すなはち、ヒータ26Cのエッジ7.8Cはセシリ22Cのエッジ7.6Cから5.0A、ヒータ26Cのエッジ8.6Cはセシリ24Cのエッジ8.4Cから5.0A離れて配置される。この実施例では、ヒータ22C・24C及びヒータ26Cの抵抗値は1.0Ω以上で、大きさはおおよそ巾13.5mm、長さ15.0mmである。そして3つの薄膜部材の大きさはおおよそ巾15.0mm、長さ35.0mmである。セシリの基板9.0Cは薄膜部材の強度を確保するため、リード部9.2Cからみて半端部の両端の熱伝導性を維持同じものとすると計算される。

第1-3回に示すドリルの出力特性は、第1回よりも第1-0回に示すセシリの出力特性よりかなり小さなものである。これは、ヒータ22C・24C、ヒータ26Cの間を5.0A離して置いた上に、

センサの巾を大きくしたことでヒータとヒーターとの中心軸の距離が広がったことに起因していると考えられる。並って第13回の実施例と関連づけた第7回を比較するならば、センタ22Dと24Dの中心軸は直角な距離D1・D2よりかなり離れて配置されることになり、その結果、一定の流れ速度においてセンタ22Dと24Dとの間に得られると平均的温度差はかなり小さくなってしまうのである。

第7回に開示して前述したように、1つのセンサ全体にわたってのヘッド1の平均値と、他方のセンサ全体にわたってのヘッド2の平均値の合計値を最大にするようになるとが最も望ましい。これは理想的には、抵抗値是非常に小さなものとなるが非常に狭いセラエレメントを使うことで、最も適切に実行できるであろう。しかしながら実用的な面倒的考察から、センサの抵抗値は少なくとも100Ω以上は要求され、700Ωから1000Ωの間にあることが望ましいのである。この要求と、薄膜部材構造の長さにかかる実際的制限と、

電流密度上の制限と、これらと関連する抵抗値の満足度を結びつけると、適當な抵抗値を実現するためには、センサ格子の巾は少なくとも7.5mmは必要であるといいた方がなる。それ以下のことから、望ましい実施例のセンタの巾はそれほど狭くできなくて、多少の巾を有するこえない。

第7回に示された理想的な盤面ガーナーのATの平均値とヘッド2の平均値の合計を最大にするためには、巾が7.5mmかそれ以上といいう結果となるが、センサのエッジをヒーターのエッジに近づけなくてはならないため、第9回の実施例において、堅化シリコンの空間を残してヒーターからセンタのエッジに伝わる望ましくない熱は無視できるものではなくなる。並って出力特性も最大となるいうものよりは小さくなってしまう、5Ωというわずかなスペースにしたことにより、実測された出力特性は従来技術の3~5倍であったが、第10回の実施例の出力特性とはほとんど同じかむしろいく分小さなものであった。これらの考察の結果から次の結論が導き出される。実施例において

て、他の寸法を等しいままにして堅化シリコン膜の厚さ0.8μを以くすると、保護に対する出力特性が大きく低下することになる。これは、厚さを増すと、これを通じての熱伝導が増加することと、センサはヒーターにより直接に熱的に結合されてしまうことになるからである。

第13回の実施例の考えられる欠点としては、ヒーターと2つのセンサが空気スペースを介して別々の薄膜部材上にあることから、被覆過程を通しての色々な種類の物理的変形といったもので、ヒーターとセンサの一部が同一平面でなくなりがちになることがある。この欠点は、第9回及び第10回の実施例では実質上無視できるものであることを証明しておく。すなわち、各々のセンタは直角同一薄膜部材上にあるヒーターの一部に隣接するので、ヒーターとセンサはほぼ同一平面上にあることが保証されるのである。

第14回に示す実施例において、薄膜部材94Dによって被覆された薄膜部材32D・34Dは、各々その上にヒーター26Dとセンタ22D・24Dの

半分ずつを直角に配置して、空気スペースを隔離されている。センタ22Dと24Dの表面のランクスを保証するためには、ペーパロイド格子22D・24D・26D及びペーパロイド板94D・90DD及びリード部92Dは、180°の回転対称を有している。ペーパロイド板94Dは、薄膜部材の中心軸に沿った強度を増すため設けられ、ペーパロイド板90DDは薄膜部材の中心軸に沿った強度を増すとともに、対称的な熱伝導特性を有するためのものである。この実施例において、空気の流れは、今まで述べた薄膜部材の横方向流れによってされる実施例とは異なり、典型的には薄膜部材の長さ方向流れである。センタ22D・24Dは比較的狭く、各センタの半分の大きさは巾7.5mm、長さ13.5mmである。ヒーター26Dのヒーターとセンタ22D・24Dは2.5mm離されている。各々薄膜部材上に、センタ22D・24D及びヒーター26Dの半分ずつの全長をもつて、同一平面を保護することを助けている。第14回の実施例において、各薄膜部材の大きさは巾15mm、長さ

18.0°であり、セータ26Dの抵抗値は13.0°且で、セータ22D、24Dの抵抗値は10.5°且である。この実施例の流れに対する出力特性は、前述した実施例同様で小さなものである。これは、薄膜部材の下の空気の流れが比較的小さいことを考慮し、セータが空気スペースの壁面より近いためセンサ基板充熱的により密接に結合されていることが原因している。

第15回示す実施例では、空気スペースを架橋する薄膜部材より構成されている。これは典型的には薄膜部材の長手方向に沿うる。この薄膜部材の大きさは幅5.0mm、長さ4.8mmであり、セータ26Dの抵抗値は7.0°且、セータ22D、24Dの抵抗値は4.4°且である。抵抗値が小さい点と、エレメントが1つの薄膜部材上に配置されている点を除けば、この実施例は典型的に第14回の実施例と同一のものであり、パーマロイ板9.0Eとリード部9.2EEは薄膜部材の中心部に沿った密度を増し、リード部9.2Eと9.2EEは18.0°の熱的反射性を与え

る。

今まで説明した実施例では、セータ26Dのセータは長い部分離された電気リードとあるが、これに対し、第16回示す実施例では、薄膜センサは、単一の抵抗値を有する薄膜センサとしてこの格子は、これから述べるセータもセータとしてはかりでなく2つのセータをとも呼ぶべきである。すなはち、第16回示す実施例は、電圧取出し口9.8、10.0を有する電気的抵抗性の格子26Fから構成され、この電圧取出し口は、全抵抗の各々の端端表面における抵抗範囲の測定を可能とする。電圧取出し口9.8、10.0は、11本からなる格子の各々の両端の4本の格子線を取り出しているが、これに限らず他の何本の格子線を取出すことも可能である。更に、取出し部分と非取出し部分（中央部分）との間の空間も、示されているように他の空間から連通することも可能である。

回路示されているように、電気的抵抗性の格子26Fは、薄膜部材3.2Fの中央の面積のはん

どを占めている。格子26Fの格子線は、薄膜部材3.2Fの長手方向に対して平行に配置される。格子26Fの全抵抗値は15.10且で、電圧取出し口9.8、10.0は、全抵抗値の両端端を独立して区切られる3.3.0且の抵抗区間の測定を可能となしめている。格子26Fを空気スペース3.0の上に支持する薄膜部材3.2Fの大きさは、4.8mmとされた実施例においては、幅5.0mm、長さ4.0mmである。パーマロイ板10.6E、10.8は電気的抵抗性されていて、薄膜部材3.2Fを強化するため使用されている。

第14回、第15回、第17回示された実施例においては、セータとセンサは薄膜部材の長手方向に沿って配置されており、空気の流れ方向に沿っていいるよう典型的には薄膜部材の長手方向に平行になるよう配置される。空気の流れが薄膜部材の横方向に沿うれば左側表面の形状で小さな乱流が発生する可能性があるのに対しして、これらの実施例の技術は、この小さな乱流を引き起こさない垂直的な表面を保護するという目的であ

る。第14回の実施例に関連して述べたように、空気の流れを薄膜部材の長手方向に沿わせる実施例の考え方では、空気の流れを薄膜部材の横方向に沿わせる実施例と比べて、薄膜部材の下の空気の流れが小さくなることである。

リード部10.2、10.4を第14回示すように回路に接続することで、格子26Fは、周囲より約2.0°高い温度以上自己加熱される可能性がある。そのような環境においては、格子26Fの全抵抗値は起始より2.5.00且となる。空気の流れが典型的には薄膜部材3.2Fの横方向に沿うるため、下流側よりも上流側をより熱やすくなる。2つの電圧取出し口区間が同一であるならば、空気の流れがないとき10.0、電圧の値は0である。空気の流れが各々の格子表面の電圧取出し口区間に温かい空気を供給するが、抵抗値が減少し、電圧が測定される。この結果、空気の流れ速度に対応するセータの出力となる。

第17回示すもう1つの実施例は、抵抗性の格子26Fの格子線が薄膜部材3.2Fの中央に付

の直交するより純配置されている点と、空気の流れが典型的には薄板部材 3-2-G の中心線上に対して平行に走る点を除けば、第 1-6 図の実験例と実質的に同じものである。第 1-7 図の実験例において格子 2-6-G の全抵抗値は 14.20 且て、電圧取出し 11.98-V, 1.00-V が全抵抗値の各終端との抵抗値間の抵抗値は 1.20 且である。第 1-6 図及び第 1-7 図の実験例の格子の全抵抗値は、典型的なのは約 2.5 で既知して、おおよそ 500 Ω から 2.0-0.0-0 の範囲の値にある。全抵抗値の各終端より取出し 11.98-V の抵抗値間の抵抗値は、典型的なのは格子の全抵抗値のおよそ 1.20 から 4.0 Ω の範囲の値である。この実験例に示されたその他のセンサーと同様に、これらのセンサーの値も一律にせず、これに限定するものではない。

これに替わる速度センサの構成としては、空気スマース 3-0 を構成する 1 つあるいは複数の薄板部材に沿らされる、2 つの自己発熱性の抵抗素子を有するものが考えられる。ここで 1 つの抵抗素子

んどりになる。そして空気の流れがあるときには、下流の抵抗素子は上流の抵抗素子よりも熱せられることとなることから、2 つの抵抗素子の温度信号に有意な差が生じ、その結果、流れ速度信号が得られることになる。

他のこれに替わる速度センサの構成としては、空気スマース 3-0 を構成する 1 つあるいは複数の薄板部材に沿らされる、3 つの抵抗素子を有するものが考えられる。ここで中央の抵抗素子は自己発熱され、両端する抵抗素子は自己発熱しないようにしておき、しかも中央の抵抗素子は、自己発熱の温度ペルスの増加と減少が電流ペルスの頂上点成形において熱的平衡状態に近くより小さなペルス中点開端を有する電流ペルスによって発熱されるよう構成される。ここで典型的には、このペルス中点開端は適切に設定される。ヒンリとして働く 2 つの抵抗素子は、空気を介しての熱伝達により常熱ペルスに反応するものを感知する。すなわち、先端述べたように空気の流れが影響されても、常熱ペルスセンサの内部抵抗素子が発熱され

ば他の抵抗素子に対して主流温度がれ、逆に他の抵抗素子もヒンリ共存センサとして存在する以上を構成される。すなわち、上面の抵抗素子が周囲に対して一定温度高くなるようではあるが、下流の抵抗素子の温度が検出される。そして上の抵抗素子が周囲を交代し、その順序ヒンリとして働く抵抗素子が今度は周囲に対して一定温度高くなるよう自然せられ、残りのもう 1 つの抵抗素子の温度が検出されることがなる。このように 2 つの抵抗素子日々々、自己発熱（自己発熱）と自己冷却（自己冷却）といふ。すなわち、抵抗素子が温度検出（自己冷却）するときに、自己冷却（自己冷却）である他の抵抗素子によって熱せられることがある。自己発熱（自己冷却）と同様温度に検出されるようになされているならば、空気の流れがないとき、温度検出モードにおける各々の抵抗素子は、ほとんど同一の温度が自然せることになるであろう。このように、空気の流れがないという状態のもとでは、2 つのペルス化された温度信号の差は既定

を引き出す。抵抗素子をペルスで発熱させるための回路は、一定の温度で発熱させるいわば DC モードに要求される回路よりはかなり複雑となるが、実用上いくつかの利点が得られる。例えば、この構成の速度センサの出力は、実際上、2 つのセンサ素子によって感知される温度ペルスに比例する電流ペルスを引き出すことによって得られる。すなわち、2 つの電流ペルスの差が出力されることになる。このような交流成分の出力は、速度センサを信号処理回路との間に抵抗素子を必要とするようなときは、都合がよい。他の構成としては、ヒンリとして働く 2 つの抵抗素子の抵抗のむだかな変化の度合いにより引き出される速度測定の誤差を小さくすることができるといふ点がある。この抵抗値の度合いは、例えばヒンリの内熱とか熱化の度合いにより引き出される。2 つのヒンリの実効電流の差をもとにして、こういう誤差はなくとも大きさでできないが小さくすることはできるだけである。なぜなら、自己冷却の度合によって、熱化度が西れるとヒンリの

抵抗値の変化は、抵抗値そのものの変化としてではなく、アクリルゲルとのわずかな変化としてどちらかと見られることが多いからである。これから、出力の電圧、漏電の大きさは、おおよそ、センサのゲルと抵抗値に対する抵抗値の比と密接となる因子まで減少させられることになる。この因子の大きさは調べたところでは、第1回の実施例のおおよそ10の値まで広がっている。ゲルゲルの使い方は危険上望ましいのであるが、信号処理回路が複雑になるとともに、本発明の実施例においては必ずしも必要なもうではないし典型的には用いられていない。なおゲルゲルの動作では、ゲルス的に熱するため既に、ヒートドライヤー(社名3310)というアンダクションジャッキーレータを用いた。そのような回路は、シリコンの基板20上、すなわち領域3-6において硬化させることができるのである。

本センサを製造するプロセスには、(100)の結晶面を有するシリコンウェーハが用いられ、これの表面3-6には氧化シリコンの被膜層29が

形成される。この被膜層29は典型的には4000Åの厚さであり、表面の抵抗率は最高の10<sup>12</sup>Ω/□で技術により仕上げられ形成される。一方、通常的には80多のノックル20個の孔があるマトリクスの一様な構造、8000Åの厚さを有する氧化シリコン被膜上に、エポキシ樹脂により仕上げられる。

適当なフォトマスクとトレースにより、エポキシ樹脂を吹きこむ所より、表面積の22×22×26×38mm<sup>3</sup>を示すようなマトリクスのトレースが描かれる。

そして2番目の塗装マトリクスの被膜層28が、エポキシ樹脂により仕上げられる。この塗装材は典型的には4000Åであり、抵抗素子を複数形成するために形成される。

薄膜部材3-2、3-4が形成する前に、溝口部8-2(他の実施例では8-2A、8-2B、8-2D、etcとラベル付けされている)が塗装スペース3-8のおおよその形状を表わしている。

設計上の選択の問題である。被膜1-14(他の実施例では1-14A、1-14C、1-14D、etcとラベル付けされている)が塗装スペース3-8のおおよその形状を表わしている。

最後に、塗装シリコンをいためない異方性のエッチャング液を使い、研磨された方法により、薄膜部材3-2、3-4の下のシリコンをエッチャングする。エッチャング液としては、KOHとソフロゼノールアルコールを混合したもののが適している。塗装スペース3-8の結晶面は、エッチャング液に対しても抵抗性のある(111)あるいは他の結晶面により囲まれている。塗装スペース3-8の底面は、(111)面に対してもほとんど抵抗性のない(100)結晶面であり、薄膜部材3-2、3-4から一定の距離を離して1-25μmの深さの位置におかれている。この深さは、エッチャングの時間を加減することによって実現される。塗装スペースの深さを研磨するためには、トウ先を用いてしたようなエッチャングを停止させるストップ層を用いることもできるが、本発明の形成には特に必要ではない。エッチャングの時

間を加減することで、塗装スペース3-8の深さは約3μmの精度もしくは約2μmで制御できると言じ得る。この精度が、薄膜部材を取り出す塗装スペースの然然達特性能、塗装の流れ速度長時間特性の正確な再現性を引き出すことになる。

第3回がされるような片持ちはりの薄膜部材の下や、第3回が示されるような倒伏する薄膜部材の下を有効的に削り去るために、第2回に1-10を示して示される薄膜部材3-3の直線部3-10は、シリコンの(111)上結晶面に対して垂直な角形(111)をもつて配置される。本発明においては、薄膜部材の直線部3-10は複数のシリカ(111)上結晶面に対してある角度で配置するという内容を含んでいるが、薄膜部材3-3の直線部3-10が形成しない、もしもは他の位置に決定できないような場合薄膜部材全周で直線部3-10を形成する。しかしながらこれが必ずしもありうる。しかししながらこれが必ずしも起こる場合薄膜部材の配置は、この(111)上結晶面の間に実現するような角度をもつて配置される。(111)上結晶面を12度±5°の範囲で構成する。薄

膜部材の下を削り去る時間は最小とすることがで  
きる。更に削り去りとしないことで、第3回に示  
されたような両端が長尺しているシリコンの動作  
が可能となるのである。すなはちこのように側板  
上に薄膜部材は、薄膜部材の直線エッジを直接  
上上上の寸幅方向に配設させたので形成するこ  
とができる。これは薄膜部材の直線エッジが  
上上上の寸幅方向に配設されていると、この直線  
エッジに沿って走らされる(上上)結晶面に対  
して、異方性のエッジング液が削り去っていかな  
いことからきている。

角度上上全45°にすると、半導体と薄膜部材  
との支持境界面をすばやくぬめ、半なんにするこ  
とになる。これにより、45°に角度を持たない場  
合に発生する強化シリコンの絶縁層20の下の2  
つの(上上)結晶面の交差点における応力集中  
点をなくすことができる。

前述したように、いくつかの応用例においては、  
2つの薄膜部材を連続手段を用いて連結すること  
が望ましい。この連結手段としては、例えば第

10回の薄膜部材20が第1回の連結加熱手段を  
経て、第1回の連結手段にて、薄膜部材20は、各々  
の薄膜部材20空気、(一)～(三)の成形の間の(一)  
～(三)を一様に保つよう圧縮する事によって各々の  
間の熱伝達特性の一様性を保つことを目的に、(一)～  
(三)内の特性の一様性を補助するのである。同様  
な理由により、前述したより第1回の薄膜部材20  
には、抵抗素子をつもしくはそれ以上の素子を  
配設するか、一つの素子を他のフレームとの一部  
を同時に配設させた方が好都合である。(第1、  
2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15回を除く)。  
第1回の薄膜部材32と34の半導部の鋼板波間に  
みられる小さなエッジ用の長方形の開口部82は、  
薄膜部材32と34の下のシリコンの基  
板20のアンダーカットをより形成しやすくなる  
ために設けられる。しかしながら、この小さな  
小さなエッジ用の長方形の開口部82がなくとも、  
シリコンの性能は満足される。

第3回及び第3A回では、第1回及び第5回に  
示されるような回路の集積化のための領域上上

も示されている。これらに示された実施例において、  
薄膜部材の典型的な大きさは、巾12.7mm～  
17.8mm、長さ25.4mm～50.8mm、厚さ0.8mm  
～1.2mmである。典型的な仕様パラメトリからなる、  
熱感知センサ22、24、ヒータ26、比較抵抗  
38は、おおよそ800Ω(典型的な仕様800Ω  
から1600Ωの間にある)の厚さで、その抵抗  
値は室温すなはち20～25℃において、おおよ  
そ200Ω～2000Ωの間にある。なおヒータ  
の抵抗値は、温度が室温から400℃になると、  
おおよそ3倍の抵抗上昇する。ヒータの半  
径の抵抗は約5Ωで時間も約5Ωとすることがで  
きる。空気ストリーム30の厚さは典型的な仕様125  
μmであるが、この厚さはおおよそ2.5μmから250  
μmの間で容易に変えることができる。シリコンの  
基板20の厚さは、典型的な仕様2.0mmである。  
以上に示したこれらの値は一例にすぎず、これに  
限定するものではない。

薄膜部材の大きさが上述の典型的なものである  
と、熱容量は非常に小さなものとなる。薄膜部材

ヒータと熱感知センサの熱容量が極めて小さい  
点と、これらが強化シリコン層という熱い被膜上  
板により基板に支持される点で熱的に遮断され  
ている点と、これらを取り離す空気(二)～(三)の有  
在により、発着時間は非常に長いものとなる。実  
測されたところでは時定数は0.005秒であった。  
しながら熱感知センサが空気の流れの変化に對  
して非常に速く反応できる。また、発着なし  
様に(一)全5.0mmもしくはそれ以上の周波数(10  
kHz)の振動動作させることが可能となる。

ヒータ26の動作温度は、典型的な仕様100℃  
～1000℃の間に設定されるが、望ましい動作温  
度としては周囲に対してもおおよそ200℃近く設  
定する。ヒータ素子を用いるならば、これは  
およが2～3mWの電力以上実現できる。こういう  
電力レベルであれば集積回路で駆動できるので、  
前述したように発着なしではヒータ素子に制御シ  
リコン基板上に製作するよりも可能である。

2.5Ω抵抗として600Ω以上から1000Ω以上の間の  
抵抗を有する、ヒータ素子を用いた場合は、2.5

3 V の電圧、2 ~ 3 mA の電流を用いることで漏りを動作温度になるための電力消費を与えることになる。又、本実施例において、ピーマロイのヒータ元素の抵抗値を 0.001 Ω から 1.000 Ω の間で選択したのは、エレクトロマイグレーションによる電子の損傷という因子もあるからである。エレクトロマイグレーションとは、電流密度がある範囲を超えるとき、物質の移動によって引き起こされる導電体内部の損傷メカニズムであり、温度に依存している。ピーマロイに関するこの臨界値は 2.5 °Cにおいて  $1.0 \times 1.0^4 \text{ A/cm}^2$  のオーダーである。望ましい実施例として、ヒータ元素の抵抗値は典型的には 0.001 Ω ~ 1.000 Ω、膜厚は 5 μm、そして膜さは 0.08 μm に設定されているので、電流密度は実質的に約  $0.6 \times 1.0^6 \text{ A/cm}^2$  より小さなものとなる。この程度の電流密度では、エレクトロマイグレーションは有害な因子ではない。

工業上で用いられている標準の温度センサのインピーダンスは 100 Ω 程度である。しかしながら本発明の目的からして、そのような小さい抵抗

値のセンサは、本発明の実施例において用いられている 2.5 °C ~ 60.0 °C ~ 100.0 °C の抵抗値を有し膜さがおおよそ 0.08 μm のものに比べて、望ましいものではない。例えば、膜厚を 10 μm、上流と下流に位置する 2 つの熱感知センサの抵抗値は 0.1 Ω の程度の精度で一致させることが望ましい。この一因は、より高い抵抗値を用うることより容易となる。その上より高い抵抗値のドットを用いれば、シリコンカーバ素子の一部が熱感知する抵抗値の誤りを小さくしない影響も減少することができる。更に、空気の流れがむずかしく化したことによる電荷の変化を、干涉を電流で正確に得るようにするためには、より端末抵抗を用うことが必要となってくる。加えて、干涉を電流を伝送すれば、熱感知センサ自身の自己発熱を減らすことができる。この場合、この熱感知センサの自己発熱は、ヒータの熱的場を変化させ、空気の流れに対する温度感度を減少させるのであるが、そりひどい影響とはならない。加えて、熱感知センサに流れる電流が大きくなると、空気の流れ

がないときの 2 つのセンサの間の色々な不一致といった望ましくない影響を大きくしてしまうことがある。

製造上の目的からすれば、ヒータと熱感知センサの両方のピーマロイの膜さを同じに選べば、より簡単になり、より経済的になる。この観点から前述したように本実施例でも、ヒータと熱感知センサの抵抗値は、典型的には 0.08 μm 厚のピーマロイにより似たような値であるとともに良好な実現できる値となっている。

図 6 の計画中の応用に関しては、本発明の望ましい素子は、前述してきたように、ピーマロイの抵抗素子である。薄膜部材 3.2, 3.4 が薄い氧化シリコン被覆されているので、ピーマロイ素子は空気による硬化から防がれて、400 °C を越す温度のヒータ素子としても用いることが可能となる。このピーマロイ素子の抵抗の温度依存性は白金と類似しており、どちらも 0 °Cにおいて 4.000 ppm の抵抗温度係数を有している。しかしながら、本発明の構造に対しては白金よりもピーマロイの

方が優れている。白金も温度感知用の抵抗素子として普通に使われているが、ピーマロイは白金のおおよそ 2 倍の抵抗値を有するという利点がある。しかも、薄膜状であるならば、ピーマロイの抵抗温度係数は 8.00 ~ 16.00 Ω/K の程度で最大を走るが、一方、白金は 0.02 ~ 0.50 Ω/K の程度になってしまふ。ピーマロイの抵抗温度係数はおおよそ 16.00 Ω/K の程度で最大となるが、本実施例では 8.00 Ω/K を認めたのは、抵抗値が 2 倍になる点で、抵抗温度係数も 16.00 Ω/K の値からわずかに小さな値ではないからである。また、8.00 Ω/K の場合のピーマロイ素子を用いることで、白金が要求されるわずか 1.8 の表面積で同じ抵抗値を実現できることがわかる。また一方、ピーマロイが他のこれまでヒータ素子の熱抵抗を増加する素子ではなく、要求される表面積を十分にできるほど面積を占有することができる。

更ながら、本発明においては、開示した実施例における素子は熱感知センサの温度を測定する。しかし、素子の両方に用いられる。

の結果、パリオイからなるヒータ表面センサを上部構成の部材の空化シリコンの熱絶縁中板包み込み方式として、非常に高い温度で問題となる酸化の現象に対しての保護膜を提供している。空化シリコンの熱絶縁層は、シリコン基板からバーマカイ素子を熱的に焼結する機能も有する。そして空化シリコンは、エッチングに対して高い抵抗性を有していることから、薄膜部材3-2、3-4の寸法を規格よくコントロールすることもできる。更に、この空化シリコンの有しているエッチングに対して高い抵抗性の特性から、空気スピーカー3-0の深さをエッジにより2.5～2.50μといつたようではなくできることがになる。この空気スピーカーは、最も重要な熱伝達因子を決定する。

以上のように、本発明の最もしい実施例としては、開示したような微小構造との組合いでから、バーマカイで感知センサとヒーターを形成する。空化シリコンの熱絶縁層は支持用材料として、また感知構造を形成するために必要なエッチング時間と実現するための保護的材料として用いられる。

更に前述したように、薄膜部材をヒーターと結晶面に対して適切な配向させるたまて、ノミカルエッジ停止手段を用いたりと全く平行構造を形成するたまて、最短時間で削り去るたまてが可能となる。更に、電気性のエッチングを用いることで2.5～2.50μという非常に空気スピーカーを形成することにより、抵抗素子を非活性半導体バッファ層背後に配置する方法によれば、自然的な焼結が実現されることになる。

本発明の考査は、実施例並びに本発明が限定されるものではない。例えは、熱焼却ドット子やバーマカイ等の限るものではなく、適切なものであれば何でもよい。他の例えでは、酸化亜鉛膜のような無電型材料や、熱いバーマカイの熱電対や、半導体材料のシリカタガや、バーマカイ以外の最もしい抵抗温度値をもつ金属膜があるであろう。注意しなくてはいけないことは、本文では略々、測定される流れの液体としては空気であることを述べてきたが、本発明は他の理由のガス性の物質に対して適用できることであることを加えておく。すなわち、本発明の实用上の目的からして、"空気"と使われる言葉の意味は、一般的なガス性の物質を含んでいると定義することにする。

4. 図面の簡単な説明

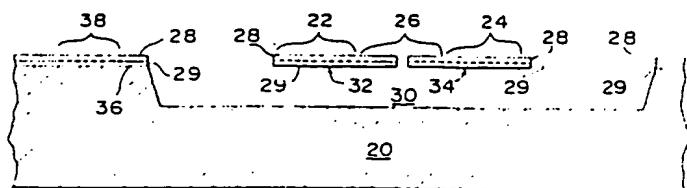
第1・2・3・3A図と3-9～17図には、本発明の実施例を示す。第4図と第5図には、本発明の実用例を示す。第6・7・8・18・19図には、本発明の特性図を示す。

2-0…基板、2-2・2-4…感知センサ、2-6…ヒーター、2-8・2-9…熱絶縁層、3-0…空気スピーカー、3-2・3-4…薄膜部材。

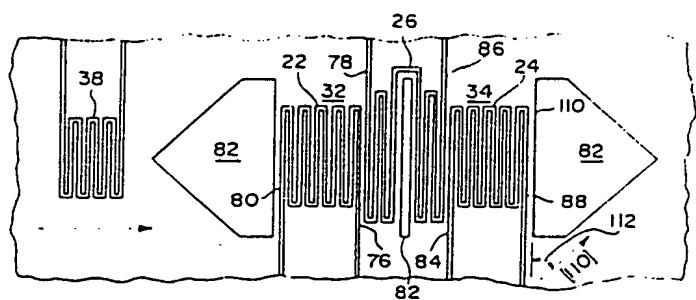
特許出願人 ハネウェル・インダストリアル

代理人 井理士 松下義裕

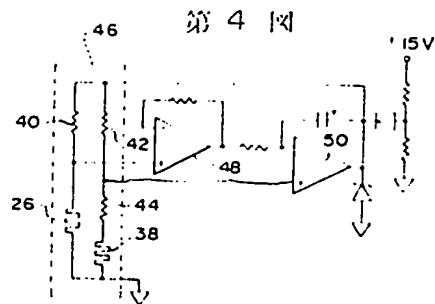
第1図



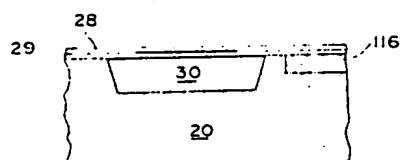
第2図



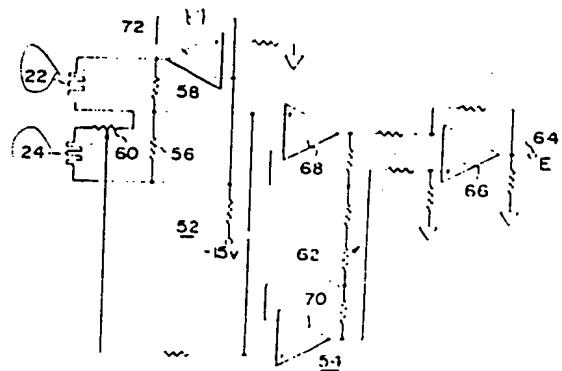
第4図



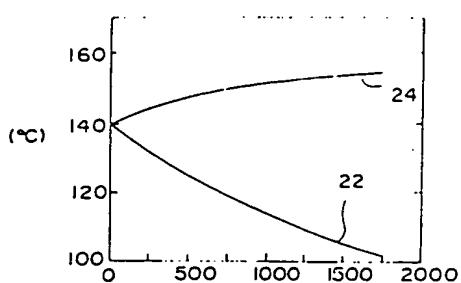
第3図



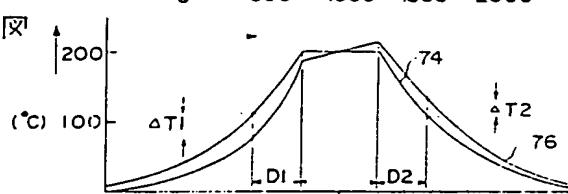
第5図



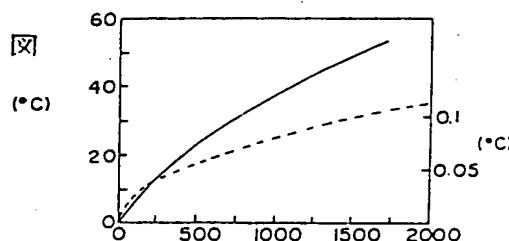
第6図



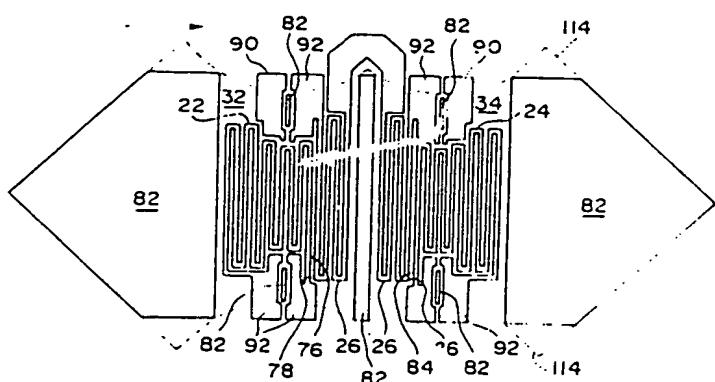
第7図



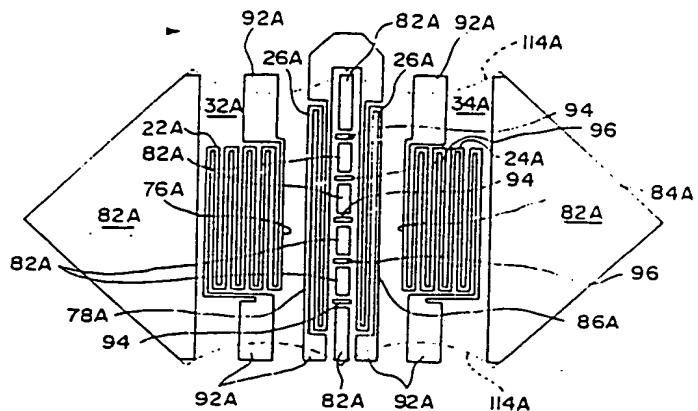
第8図



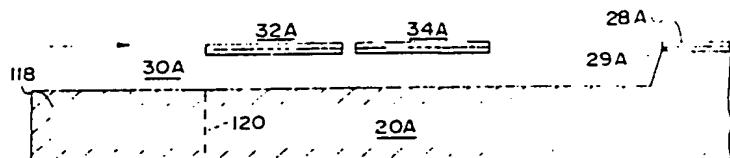
第9図



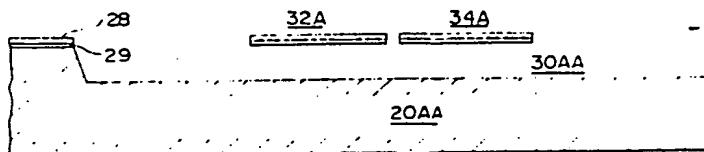
第 10 図



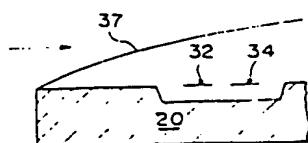
第十一圖



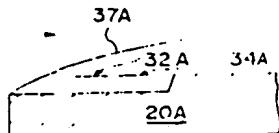
## 第12図



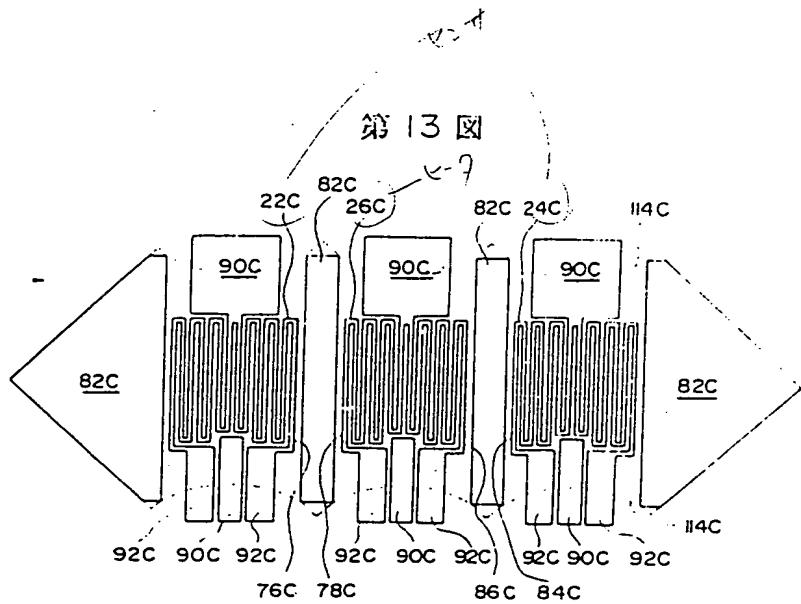
第 18 図



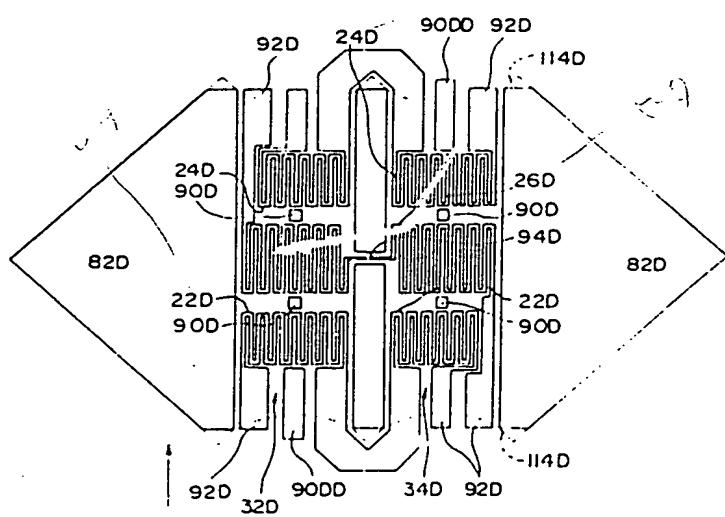
第19回



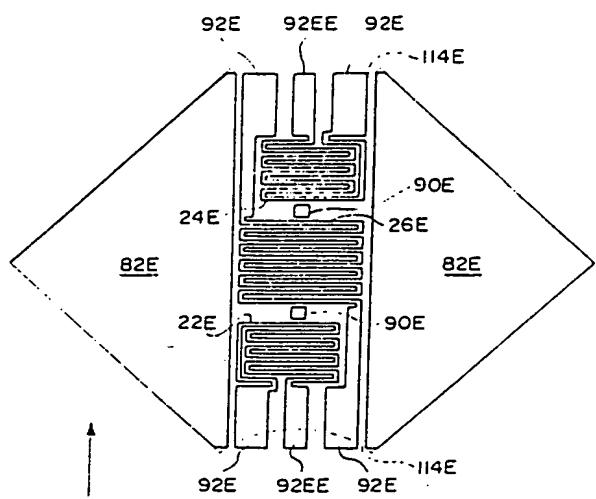
第13図



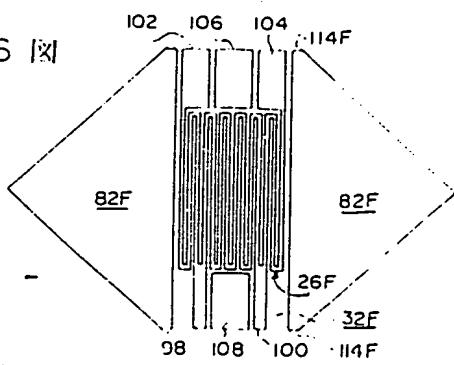
第14図



第15図



第16図



第17図

